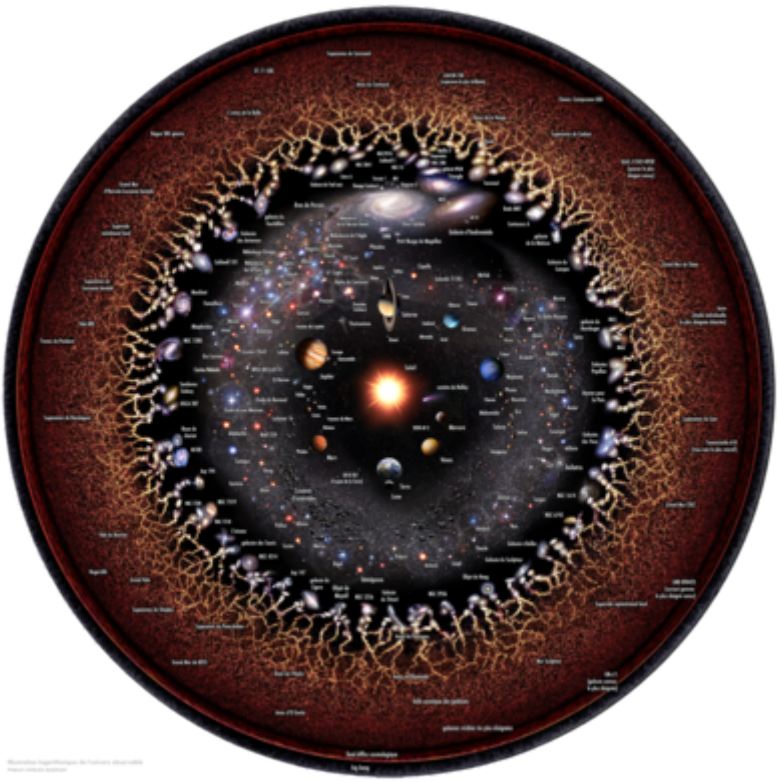
WIKIPÉDIA

Univers

L'**univers** est l'ensemble de tout ce qui existe, régi par un certain nombre de lois.

La cosmologie cherche à appréhender l'univers d'un point de vue scientifique, comme l'ensemble de la matière distribuée dans l'espace-temps. Pour sa part, la cosmogonie vise à établir une théorie de la création de l'univers sur des bases philosophiques ou religieuses. La différence entre ces deux définitions n'empêche pas nombre de physiciens d'avoir une conception finaliste de l'univers (voir à ce sujet le principe anthropique).

Si l'on veut faire correspondre le mouvement des galaxies avec les lois physiques telles qu'on les conçoit actuellement, on peut considérer que l'on n'accède par l'expérience qu'à une faible partie de la matière de l'Univers[1], le reste se composant de matière noire. Par ailleurs, pour expliquer l'accélération de l'expansion de l'Univers, il faut également introduire le concept d'énergie sombre. Plusieurs modèles alternatifs ont été proposés pour faire correspondre les équations et nos observations en prenant d'autres approches.



Représentation en français à l'échelle logarithmique de l'univers observable avec, au centre, le Système solaire, et au fur et à mesure qu'on s'éloigne du centre, les étoiles proches, le bras de Persée, la Voie lactée, les galaxies proches, le réseau des structures à grande échelle, le fond diffus cosmologique et, à la périphérie, le plasma invisible du Big Bang.

Sommaire

Découverte dans l'Histoire

Naissance
- Expansion, âge et Big Bang
- Taille et Univers observable
- Forme

Avenir

Notes et références

Voir aussi
- Bibliographie
- Articles connexes
- Liens externes

Découverte dans l'Histoire

Gravure sur bois dite « de Flammarion », auteur inconnu, gravure sur bois, Paris (1888). Colorisation : Heikenwaelder Hugo, Vienne (1998).

Les sciences grecques tentèrent de comprendre le monde et de l'expliquer :

- les philosophes Parménide, Platon, et Aristote avaient admis l'idée d'une Terre sphérique, mais ils la voyaient au centre de l'Univers physique, alors que l'école de Milet se représentait la Terre plate ;
- Les pythagoriciens pensent que le soleil (le feu) est au centre de l'Univers et que la terre qui n'est qu'une planète comme les autres se meut autour du centre. Aristote, dans le traité *Du ciel*, (II, XIII, 293 a 18) confirme l'hypothèse de mouvements planétaires circulaires et parfaitement ordonnés[2].
- Ératosthène tenta de réaliser des calculs précis, notamment la mesure de la circonférence d'un méridien terrestre ;
- Aristarque de Samos est le premier à envisager un modèle de système planétaire héliocentré. Cette découverte ne fut alors pas suivie[3], bien qu'elle pût s'admettre d'un point de vue purement mathématique, parce qu'« elle s'opposait à la physique ancienne et impliquait aussi nécessairement un éloignement inimaginable des étoiles fixes par rapport à la Terre (puisque leurs positions relatives restaient inchangées tout au long de sa révolution annuelle)[4] ». Aristarque calcule aussi la distance Terre-Lune pour laquelle il trouve une valeur discutée, mais qui se situe en tout état de cause dans un ordre de grandeur acceptable[5], ainsi qu'une distance Terre-Soleil[6] ;
- Hipparque, au IIe siècle av. J.-C., poursuit ce travail : il recalcule, selon des méthodes nouvelles, la distance Terre-Soleil ainsi que la distance Terre-Lune (pour laquelle il retient la valeur de 67 ⅓ rayons terrestres, contre 60,2 en réalité[7]), recense environ 850 étoiles[8], retrouve approximativement la période de précession des équinoxes, qui était déjà connue des Babyloniens[4].
- Ptolémée poursuit le travail d'Hipparque. Son Almageste sera la référence astronomique essentielle pendant treize siècles.

Le philosophe et poète romain Lucrèce, au premier siècle av. J.-C, affirme dans le De rerum natura que « l'univers existant n'est [...] limité dans aucune de ses dimensions », qu'il n'a « ni limite, ni mesure » et qu'importe « en quelle région de l'univers on se place [...] puisqu'on laisse le tout immense s'étendre également dans tous les sens »[9].

L'Univers selon le système de Ptolémée, vu par Andreas Cellarius en 1660-1661.

Ces connaissances du monde grec perdurèrent et influencèrent les sciences arabes après l'effondrement de l'Empire romain d'Occident. Elles restèrent présentes en Orient (particulièrement, avec des hauts et des bas, à Byzance[10]), même si Cosmas d'Alexandrie tente, sans succès, de restaurer le modèle d'un monde plat.

La Renaissance porte à son apogée cette représentation du monde, grâce aux explorations et aux grandes découvertes qui eurent lieu du XIIIe au XVIe siècle, à partir de systèmes géographiques et cosmologiques très élaborés (projection de Mercator).

La révolution copernicienne bouleverse cette cosmologie en trois étapes :

1. Copernic redécouvre l'héliocentrisme. Toutefois, cette redécouverte n'est que partiellement révolutionnaire : en effet, Copernic reste attaché aux sphères transparentes du modèle d'Aristote (pourtant délaissé par Ptolémée) censées soutenir les planètes et leur imprimer leur mouvement ; il présente son système comme un simple artifice destiné à simplifier les calculs.
2. Le dominicain Giordano Bruno défend la réalité du modèle héliocentrique et l'étend à toutes les étoiles, ouvrant la dimension de l'Univers physique à l'infini. Il sera brûlé au bûcher en tant qu'hérétique non pour des raisons scientifiques, mais religieuses.
3. Kepler, Galilée et Newton posent les bases fondamentales de la mécanique à partir du mouvement des planètes, grâce à leurs études respectivement du mouvement elliptique des planètes autour du Soleil, l'affinement des observations astronomiques avec la définition du mouvement uniformément accéléré, et la formalisation mathématique de la force de gravité. L'*Univers*, toutefois, reste confiné dans le système solaire.

Des modèles physiques tels que la sphère armillaire ou l'astrolabe ont été élaborés. Ils permettent d'enseigner et de calculer la position des astres dans le ciel visible. Aujourd'hui encore, la carte du ciel mobile aide les astronomes amateurs à se repérer dans le ciel, c'est une réincarnation de l'astrolabe.

En 1781, l'astronome britannique William Herschel découvre Uranus orbitant au-delà de l'orbite de Saturne, avant que ne soient trouvées Neptune et Pluton, le monde s'agrandissait de plus en plus.

Naissance

Expansion, âge et Big Bang

Les observations du décalage vers le rouge des rayonnements électromagnétiques en provenance d'autres galaxies suggèrent que celles-ci s'éloignent de notre galaxie, à une vitesse radiale d'éloignement proportionnelle à cet éloignement.

En étudiant les galaxies proches, Edwin Hubble s'est aperçu que la vitesse d'éloignement d'une galaxie était proportionnelle à sa distance par rapport à l'observateur (loi de Hubble) ; une telle loi est explicable par un Univers visible en expansion.

Bien que la constante de Hubble ait été révisée par le passé dans d'importantes proportions (dans un rapport de 10 à 1), la loi de Hubble a été extrapolée aux galaxies éloignées, pour lesquelles la distance ne peut être calculée au moyen de la parallaxe ; cette loi est ainsi utilisée pour déterminer la distance des galaxies les plus éloignées.

En extrapolant l'expansion de l'Univers dans le passé, on arrive à une époque où celui-ci a dû être beaucoup plus chaud et beaucoup plus dense qu'aujourd'hui. C'est le modèle du Big Bang, conçu par Georges Lemaître, chanoine catholique belge, qui est un ingrédient essentiel de l'actuel modèle standard de la cosmologie et possède aujourd'hui un grand nombre de confirmations expérimentales[réf. nécessaire]. La description du début de l'histoire de l'Univers par ce modèle ne commence cependant qu'après qu'il fut sorti d'une période appelée ère de Planck, durant laquelle l'échelle d'énergie de l'Univers était si grande que le modèle standard n'est pas en mesure de décrire les phénomènes quantiques qui s'y sont déroulés. Durant cette époque, seule une théorie de la gravitation quantique pourrait expliquer le comportement microscopique de la matière sous l'influence importante de la gravité. Mais les physiciens ne disposent pas encore (en 2015) d'une telle théorie. Pour des raisons de cohérence avec les observations, après l'ère de Planck le modèle du Big Bang privilégie aujourd'hui l'existence d'une phase d'inflation cosmique, très brève mais durant laquelle l'Univers aurait grandi de façon extrêmement rapide. C'est à la suite de cette phase que l'essentiel des particules de l'Univers aurait été créé à une haute température, enclenchant un grand nombre de processus importants[11] qui ont finalement abouti à l'émission d'une grande quantité de lumière, appelée fond diffus cosmologique, qui peut être aujourd'hui observé avec une grande précision par toute une série d'instruments (ballons-sondes, sondes spatiales, radiotélescopes).

C'est l'observation de ce rayonnement fossile micro-onde, remarquablement uniforme dans toutes les directions, qui constitue aujourd'hui l'élément capital qui assoit le modèle du Big Bang comme description correcte de l'Univers dans son passé lointain. De nombreux éléments du modèle restent encore à déterminer (par exemple le modèle décrivant la phase d'inflation), mais il y a aujourd'hui consensus de la communauté scientifique autour du modèle du Big Bang.

Dans le cadre du modèle ΛCDM, les contraintes issues des observations de la sonde WMAP[12] sur les paramètres cosmologiques indiquent une valeur la plus probable pour l'âge de l'Univers à environ 13,82 milliards d'années[13] avec une incertitude de 0,02 milliard d'années, ce qui est en accord avec les données indépendantes issues de l'observation des amas globulaires[14] ainsi que celle des naines blanches[15]. Cet âge a été confirmé en 2013 par les observations du satellite Planck.

Taille et Univers observable

À ce jour, aucune donnée scientifique ne permet de dire si l'Univers est fini ou infini. Certains théoriciens penchent pour un Univers infini, d'autres pour un Univers fini mais non borné. Un exemple d'Univers fini et non borné serait l'espace se refermant sur lui-même. Si on partait tout droit dans cet Univers, après un trajet, très long certes, il serait possible de repasser à proximité de son point de départ.

Les articles populaires et professionnels de recherche en cosmologie emploient souvent le terme « Univers » dans le sens d'« Univers observable ». L'être humain vit au centre de l'Univers observable, ce qui est en contradiction apparente avec le principe de Copernic qui dit que l'Univers est plus ou moins uniforme et ne possède aucun centre en particulier. Le paradoxe se résout simplement en tenant compte du fait que la lumière se déplace à la même vitesse dans toutes les directions et que sa vitesse n'est pas infinie : regarder au loin revient à regarder un événement décalé dans le passé du temps qu'il a fallu à la lumière pour parcourir la distance séparant l'observateur du phénomène observé. Or il ne nous est pas possible de voir de phénomène issu d'avant le Big Bang. Ainsi, les limites de l'Univers observable correspondent au lieu le plus lointain de l'Univers pour lesquelles la lumière a mis moins de 13,82 milliards d'années à parvenir à l'observateur, ce qui le place immanquablement au centre de son Univers observable. On appelle « horizon cosmologique » la première lumière émise par le Big Bang il y a 13,82 milliards d'années.

On estime que le diamètre de cet Univers observable est de 100 milliards d'années lumière[16]. Celui-ci contient environ 7×10^{22} étoiles, répandues dans environ 100 milliards de galaxies, elles-mêmes organisées en amas et superamas de galaxies[16]. Mais le nombre de galaxies pourrait être encore plus grand, selon le champ profond observé avec le télescope spatial Hubble.

Il est cependant possible que l'Univers observable ne soit qu'une infime partie d'un Univers réel beaucoup plus grand.

L'univers ne peut pas posséder de « bord » au sens intuitif du terme. En effet, l'existence de bord impliquerait l'existence d'un extérieur à l'Univers. Or par définition l'Univers est l'ensemble de tout ce qui existe, il ne peut donc rien exister à l'extérieur. Toutefois cela ne signifie pas que l'Univers est infini, il peut être fini sans avoir de « bord », sans avoir en fait d'extérieur.

Par contre, cela pose la question de la compatibilité avec la conservation de l'énergie. En effet, la définition même de l'univers en fait un système isolé (car si l'univers U1 pouvait transférer de l'énergie avec un autre système S1, alors l'univers réel serait U2 = U1 + S1). Et dans un système isolé, il ne peut pas y avoir de création d'énergie.

Forme

Une importante question de cosmologie est de connaître la forme de l'Univers.

1. Est-ce que l'Univers est « plat » ? C'est-à-dire : est-ce que le théorème de Pythagore pour les triangles droits est valide à de plus grandes échelles ? Actuellement, la plupart des cosmologues pensent que l'Univers observable est (presque) plat, juste comme la Terre est (presque) plate[17].
2. Est-ce que l'Univers est *simplement connexe* ? Selon le modèle standard du Big Bang, l'Univers n'a aucune frontière spatiale, mais peut néanmoins être de taille finie.

Nous savons maintenant (depuis 2013) que l'Univers est plat avec une marge d'erreur de seulement 0,4%. Cela donne à penser que l'Univers est infini en étendue. Cependant, étant donné que l'Univers a un âge fini, on ne peut que constater un volume fini de l'Univers[réf. nécessaire]. Tout ce que nous pouvons vraiment conclure est que l'Univers est beaucoup plus grand que le volume que nous pouvons observer directement[18].

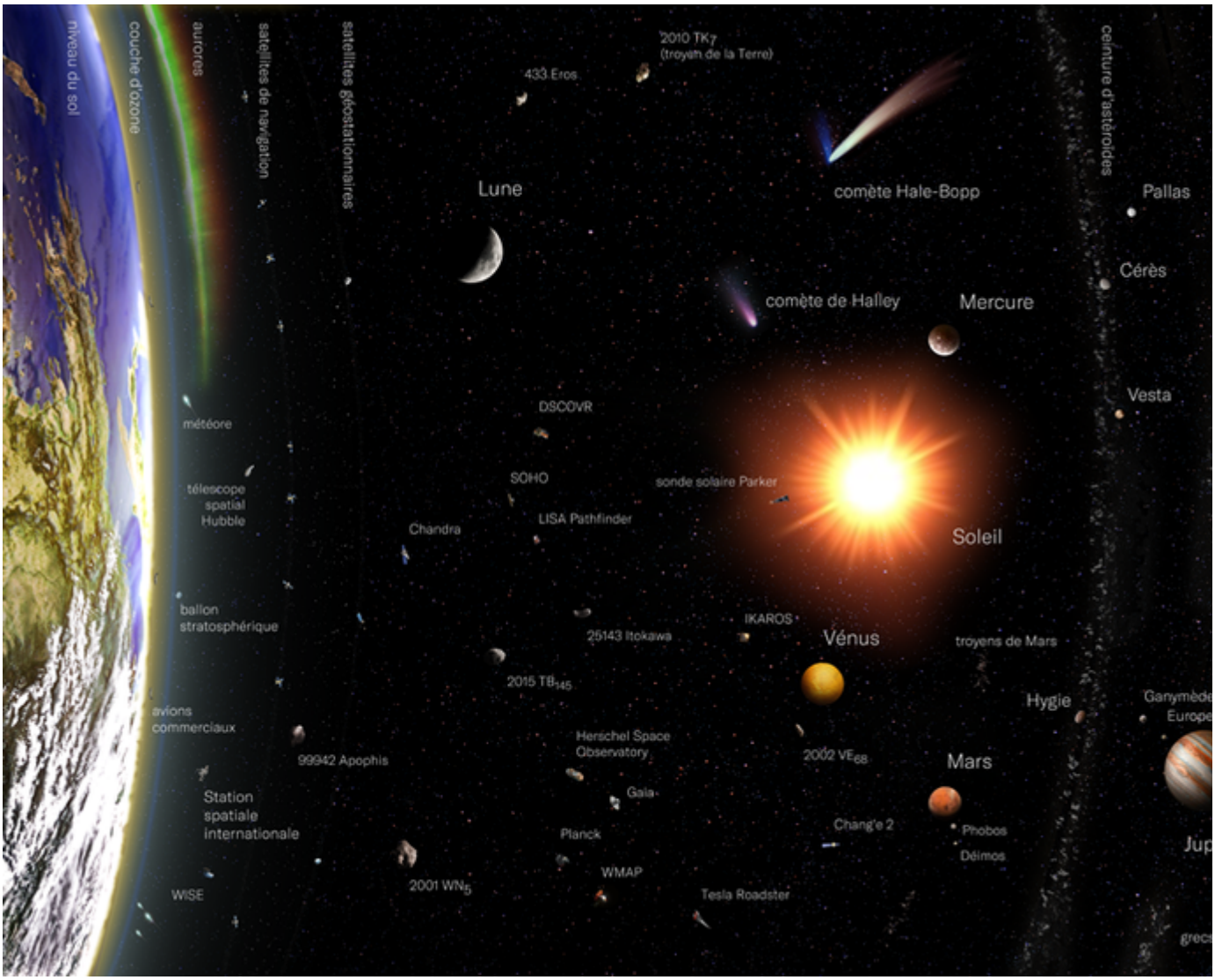
Avenir

Selon les prédictions du modèle cosmologique le plus couramment admis de nos jours, les « objets galactiques » auront une fin : c'est la mort thermique de l'Univers. Le Soleil, par exemple, s'éteindra dans 5 (à 7) milliards d'années, lorsqu'il aura consumé tout son combustible. À terme, les autres étoiles évolueront elles aussi dans des cataclysmes cosmologiques (explosions, effondrements). Déjà les naissances d'étoiles ralentissent[19] faute de matière, qui se raréfie au fil du temps. Dans 20 milliards d'années environ, aucun astre ne s'allumera plus. L'Univers sera peuplé d'étoiles éteintes (étoiles à neutrons, naines blanches, trous noirs) et des naines rouges résiduelles. À bien plus longues échéances, les galaxies se désagrègeront dans des collisions géantes par leurs interactions gravitationnelles internes et externes[20].

En ce qui concerne le contenant (« l'espace »), certains physiciens[Qui ?] pensent que le processus d'expansion sera gravitationnellement ralenti et s'inversera selon le scénario du *Big Crunch*[21]. Pour d'autres[Qui ?], l'expansion, qui semble à présent stagner, s'arrêtera à jamais. Peu à peu, les astres éteints s'agglutineront en trous noirs. L'Univers, sans aucune structure, ne sera plus qu'un bain de photons de plus en plus froids[22]. Toute activité dans l'Univers s'éteindra ainsi à jamais : c'est le *Big Chill*. Un scénario

similaire existe : le *Big Chill modifié*. La gravitation et l'énergie noire restent constantes mais ont tendance à accélérer. L'univers subira le Grand Refroidissement mais l'expansion continuera d'une façon stable et toute activité cessera. Les galaxies fusionneront puis mourront peu à peu. Si au contraire la quantité d'énergie sombre croît, l'Univers continuera son expansion à une vitesse toujours plus grande pour exploser à toutes les échelles : toute la matière qui le compose (y compris les atomes) se déchirera par dilatation de l'espace et le temps lui-même sera détruit. C'est le *Big Rip* (littéralement : « grand déchirement »). Certains modèles prévoient une telle fin dans 22 milliards d'années.

Chacun de ces scénarios dépend donc de la quantité d'énergie sombre que contiendra l'Univers à un moment donné. Actuellement, l'état des connaissances suggère non seulement qu'il y a insuffisamment de masse et d'énergie pour provoquer ce *Big Rip*, mais que l'expansion de l'Univers semble s'accélérer et continuera donc pour toujours[23].



Carte logarithmique de l'univers observable avec certains des objets astronomiques notables connus aujourd'hui. Les corps célestes apparaissent avec leur taille agrandie pour pouvoir apprécier leurs formes.

Notes et références

1. (en) « NASA WMAP What is the universe made of ? » (http://map.gsfc.nasa.gov/news/).
2. Werner Jaeger, *Aristote, Fondements pour un histoire de son évolution*, L'Éclat, 1997, p. 154.
3. À notre connaissance, un seul autre savant de l'Antiquité fut de cet avis, Séleucos de Séleucie.

4. Gerald J. Toomer, « Astronomie », dans Jacques Brunschwig et Geoffrey Lloyd, *Le Savoir grec*, Flammarion, 1996, p. 307-308.
5. (en) Otto Neugebauer, *A history of ancient mathematical astronomy*, Berlin ; New York : Springer-Verlag, 1975, p. 634 ss. Aristarque ne donne pas le résultat de ses calculs, mais de ses données (diamètre apparent angulaire de la Lune : 2° ; diamètre de la Lune : ⅓ de diamètre lunaire), on peut déduire une distance Terre-Lune de 40 rayons terrestres environ, contre 60,2 en réalité. Mais Neugebauer estime que c'est un angle de ½° et non de 2° qu'Aristarque tenait pour correct, ce qui aboutirait à 8 rayons terrestres pour la distance Terre-Lune. Voir Aristarque.
6. Neugebauer, *loc. cit.*.
7. cf. Des grandeurs et des distances du Soleil et de la Lune.
8. Geoffrey E.R. Lloyd (en), « Observation et Recherche » dans Jacques Brunschwig et Geoffrey Lloyd, *Le Savoir grec*, Flammarion, 1996, p. 265.
9. (la) Lucrèce, *De Rerum Natura (De la nature des choses)*, Paris, Les Belles lettres, 1924, 324 p., p. 40-41 (vers 958 - 968)
10. cf. sciences grecques.
11. , comme la nucléosynthèse primordiale par exemple ou encore la baryogénèse.
12. Lancée par la NASA.
13. (en) D.N. Spergel *et al.*, *Wilkinson microwave anisotropy probe (wmap) three year results : implications for cosmology.* (https://arxiv.org/abs/astro-ph/0603449) soumis à Astrophys. J., prépublication disponible sur la base de données arXiv.
14. (en) Chaboyer, B. & Krauss, *Theoretical Uncertainties in the Subgiant--Mass Age Relation and the Absolute Age of Omega Cen* (https://arxiv.org/abs/astro-ph/0201443) L. M. 2002, ApJ, 567, L45.
15. (en) Brad M. S. Hanser *et al.*, « HST Observations of the White Dwarf Cooling Sequence of M4 », *The Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 155, nº 2, décembre 2004, p. 551-576 (ISSN 0067-0049 (http://worldcat.org/issn/0067-0049&lang=fr) et 1538-4365 (http://worldcat.org/issn/1538-4365&lang=fr), DOI 10.1086/424832 (https://dx.doi.org/10.1086%2F424832), résumé (http://iopscience.iop.org/0067-0049/155/2/551), lire en ligne (http://iopscience.iop.org/0067-0049/155/2/551/fulltext)).
16. Science-et-Vie Hors-Série nº 242, mars 2008. *L'Univers en chiffres*.
17. (en)*Shape of the Universe* (http://map.gsfc.nasa.gov/universe/uni_shape.html).
18. « WMAP- Shape of the Universe » (https://map.gsfc.nasa.gov/universe/uni_shape.html), sur *map.gsfc.nasa.gov* (consulté le 5 janvier 2017).
19. Actuellement, l'observation de notre galaxie dénombre la naissance d'une ou deux étoiles par an.
20. Jean-Pierre Luminet, Astrophysicien, CNRS, Observatoire de Paris-Meudon, in *Sciences & Avenir* nº 729, novembre 2007.
21. Littéralement : « grand écrasement ».
22. D'après une théorie de Stephen Hawking (dans son livre *Une brève histoire du temps*), si l'Univers continue indéfiniment à s'étendre, les particules issues d'explosions successives ne seront plus assez proches les unes des autres pour recréer des étoiles après leur explosion et l'expansion s'arrêtera.
23. (en)*Fate of the Universe* (http://map.gsfc.nasa.gov/universe/uni_fate.html).

Voir aussi

Bibliographie

Sur les autres projets Wikimedia :

- Carl Sagan, *Cosmos*, Éditions Mazarine, 1981, 366 p. (ISBN 9782863740750).
- Charles Mugler, « L'infini cosmologique chez les Grecs et chez nous », *Lettres d'Humanité*, n° 8, décembre 1949, p. 43-66 (lire en ligne (https://www.persee.fr/doc/bude_0004-5527_1949_num_1_8_6810), consulté le 28 janvier 2020).

Univers (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Universe?uselang=fr), sur Wikimedia Commons

univers, sur le Wiktionnaire (*thésaurus*)

Univers, sur le Wiktionnaire

Univers, sur Wikibooks

Univers, sur Wikisource

Articles connexes

- Voie lactée
- Monde (univers)
- Radiotélescope
- Observatoire astronomique
- Théorie d'Everett
- Table des constantes astrophysiques
- Densité critique
- Tout
- Théorie du tout
- Universaux
- Big History

Liens externes

- Univers (http://www.insu.cnrs.fr/r11,univers.html), Institut national des sciences de l'Univers
- Cartes de l'univers, depuis le système solaire, ses alentours, la carte de la galaxie, le groupe local, les amas, les super-amas (http://holtz.org/Library/Images/Natural%20Science/Astronomy/Cosmology/Universe%20Zoom%20Map.gif)
- Premières nouvelles du cosmos, La Méthode Scientifique, France Culture, 13 juin 2019 (https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/cosmos-une-histoire-qui-tourne-en-rondes)

Ce document provient de « https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Univers&oldid=170751630 ».

La dernière modification de cette page a été faite le 11 mai 2020 à 23:25.

Droit d'auteur : les textes sont disponibles sous licence Creative Commons attribution, partage dans les mêmes conditions ; d'autres conditions peuvent s'appliquer. Voyez les conditions d'utilisation pour plus de détails, ainsi que les crédits graphiques. En cas de réutilisation des textes de cette page, voyez comment citer les auteurs et mentionner la licence.
Wikipedia® est une marque déposée de la Wikimedia Foundation, Inc., organisation de bienfaisance régie par le paragraphe 501(c)(3) du code fiscal des États-Unis.